

Technik in der Rinderhaltung

Heinz Bernhardt

Kurzfassung

Die Digitalisierung ist weiterhin ein Megatrend in der Milchviehhaltung. Für die Betriebe prägt sich dies in der Automatisierung, der Sensorik und dem Datenmanagement aus. Bei der Automatisierung gibt es für die Bereiche Melk-, Fütterungs- und Reinigungstechnik inzwischen ein breites Angebot und weitere Bereiche ziehen nach. Im Bereich der Sensorik gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Systemen, die sich im Markt etablieren müssen. Das Datenmanagement ist in der Milchviehhaltung immer noch entwicklungsfähig. Besonders über System- und Firmengrenzen hinweg gibt es hier noch zu wenig Angebote. Die übergreifende Datenverfügbarkeit ist aber für den Einsatz von KI-Ansätzen entscheidend. Emissionsmindernde Technik ist aktuell ein Entwicklungsschwerpunkt in der Milchviehhaltung. Insgesamt wird die Entwicklung und Umsetzung technologischer Systeme in der Milchviehhaltung stark von den Anforderungen der Gesellschaft und des Gesetzgebers beeinflusst.

Schlüsselwörter

Milchvieh, Melken, Kälberhaltung, Automatisierung, Sensoren, Emissionsminderung

Machinery and Techniques for Cattle Husbandry

Heinz Bernhardt

Abstract

Digitalization continues to be a megatrend in dairy farming. For the farms, this means automation, sensor technology and data management. In terms of automation, there is now a wide range of products for milking, feeding and cleaning technology, and other areas are following suit. In the area of sensor technology, there is a large number of different systems that have to establish themselves in the market. Data management is still problematic in dairy farming. There are still too few offers, especially across system and company boundaries. However, the availability of data is crucial for the use of AI approaches. Emission-reducing technology is currently also a development focus in dairy farming. Overall, the development and implementation of technological systems in dairy farming is strongly influenced by the requirements of society and the legislator.

Keywords

Dairy cows, milking, calf husbandry, automation, sensors, emission reduction

Allgemeine Rahmenbedingungen

Der Strukturwandel in der Milcherzeugung setzt sich kontinuierlich fort. Die Zahl der Milchkühe in Deutschland sank in 2020 auf 3,97 Mio. Tiere und unterschritt damit erstmals seit der Wiedervereinigung die Vier-Millionen-Marke. Besonders kleinere Betriebe sind ausgeschieden, was die durchschnittliche Bestandsgröße auf 68 Tiere anhebte. Der Rückgang der Kuhzahlen wurde aber durch steigende durchschnittliche Milchleistungen kompensiert. [1; 2]

Die Milcherzeugerpreise sind 2020 im dritten Jahr in Folge in Deutschland gesunken. Sie bewegen sich im Jahresdurchschnitt zwischen 32,5 und 33,0 €/100 kg für konventionelle Milch bei 4,0 % Fett und 3,4 % Eiweiß ohne Mehrwertsteuer. [1] In Anbetracht der ab März 2020 weltweiten Ausbreitung der Corona-Pandemie sind die Preise noch als relativ stabil zu betrachten. Nach deutlichen Marktverwerfungen im März und den Produktionsumstellungen durch den Corona-bedingten Wegfall von Großverbrauchern konnte sich der Milchmarkt wieder stabilisieren. [3 bis 6]

Der Anteil von Bio-Milch am Milchaufkommen ist insgesamt auf 3,8 % gestiegen. Im Vergleich zu den Vorjahren hat das Wachstum sich allerdings verlangsamt. Die Nachfrage nach Bio-Milchprodukten hat indessen von der Corona-Krise profitiert. [1; 7]

Die gesellschaftliche Diskussion um Tierwohl und Nachhaltigkeit bestimmt immer noch die strukturelle und technologische Entwicklung der Milchviehhaltung. Ähnlich wie beim Thema GVO zeigt sich auch bei Milch aus ganzjähriger Anbindehaltung, dass hier die Entscheidung zum Ausstieg nicht von Seite des Gesetzgebers erfolgt, sondern der Einzelhandel dies auslöst. [8; 9] Die einzelnen Molkereien gehen dabei unterschiedlich mit den Forderungen des Handels um. Teilweise wird der Auszahlungspreis für Milch aus ganzjähriger Anbindehaltung gesenkt, teilweise wird auf die vom Handel gewünschten Haltungssysteme ein Aufschlag bezahlt. [10] Es zeichnet sich dabei von Seiten der Molkereien als Reaktion auf die Forderung des Handels ein kompletter Ausstieg aus der ganzjährigen Anbindehaltung bis 2030 ab. [11]

Durch die Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung [12] und der Düngeverordnung [13] wurden auch die Rahmenbedingungen für die Milchviehhaltung verändert. Der aktuell diskutierte Gesetzesentwurf zu einem Insektenschutzgesetz [14] dürfte auch erhebliche Auswirkungen auf die Futtergrundlage der Betriebe haben. Zu einer erheblichen Veränderung in der Baustruktur von Milchviehställen könnte die aktuelle diskutierte Anpassung der TA-Luft führen. [15; 16]

Melktechnik und -management

Große Neuentwicklungen im Bereich der Melktechnik gibt es nach den Entwicklungssprüngen in den letzten Jahren aktuell nicht. Die Entwicklung geht ins Detail und in die Marktverbreitung.

Die automatischen Melksysteme (AMS) haben sich umfassend in allen Betriebstypen und -größen etabliert und sind in manchen Regionen das Standardverfahren. [17] Weltweit ist bei allen Systemen ein Trend zu immer größeren Anlagen zu erkennen. [18; 19] So werden in China, Russland und im arabischen Raum neue Karussellmelkstände im Bereich von 80 Melkplätzen bei 10.000 Kühen Herdengröße verwirklicht. [20 bis 22] Der größte Betrieb in Europa im Bereich AMS arbeitet mit 16 Einheiten. [23]

Der Faktor Hygiene ist entscheidend für die Qualität der erzeugten Milch. [24] Hier geht es besonders um die Reduktion der Keimbelastung im System. [25] Besonders automatische Melksysteme sind hiervon durch den Milchfluss über den gesamten Tag und die Standzeiten stärker betroffen. Hier ist z. B. über das Anlagendesign eine Reduktion möglich. [26; 27] Auch Alter und Struktur der Zitzengummi haben Auswirkungen auf Hygiene und Tiergesundheit. [28; 29]

Einen weiteren wichtigen Faktor beim Melken stellen auch die Mitarbeiter und deren Qualifizierung da. [30] Beim Melken im Melkstand ist ein Aspekt der Arbeitsschutz. Besonders weibliche Mitarbeiter unterliegen hier einer größeren Verletzungsgefahr. Hier zeigt sich, dass über entsprechendes Training die Verletzungsgefahr im Hand-Arm-Bereich reduziert werden kann. [31] Insgesamt ist ein regelmäßiges Training der Mitarbeiter und die Entwicklung einer betriebsspezifischen Melkroutine für Arbeitsleistung entscheidend. [30; 32; 33]

Beim automatischen Melken zeigt sich, dass hier ein neues Arbeitsverständnis notwendig ist. [34] Auf den ersten Blick wird hier durch das Wegfallen des Melkens Arbeit eingespart. Diese muss aber wieder teilweise reinvestiert werden. Durch die Automatisierung des Milchviehstalles fällt der direkte körperliche Kontakt mit dem Tier weg. Um in Notsituationen wie der Geburtshilfe hier keinen zusätzlichen Stress zu erzeugen, muss im Alltag die Mensch-Tier-Interaktion gezielt aufgebaut werden. Dies kann auch im Rahmen der regelmäßigen Stallrundgänge erfolgen, bei denen auf Basis der vom System bereitgestellten Daten Managemententscheidungen getroffen werden können. Die Rolle des Menschen wandelt sich im automatisierten Milchviehstall von der körperlichen Arbeit hin zum Management der Tiere.

Fütterungstechnik

In den letzten Jahren rückt die Weidehaltung, auch auf Grund der gesellschaftlichen Diskussion, wieder mehr in den Blickpunkt. [35] Es zeigen sich hierbei positive Effekte auf die Tiergesundheit. [36] Im Zusammenhang mit automatischen Melksystemen werden dabei häufig Nachtweide [37] oder temperaturabhängige Weiden [38] empfohlen, um die Zwischenmelkzeiten nicht zu sehr zu beeinflussen und die Nebenzeiten mit Weidegang zu nutzen. Virtuelle Zäune sind eine weitere Möglichkeit, um mit geringem Arbeitsaufwand einen geregelten Weidebetrieb zu ermöglichen. Bei den virtuellen Zäunen wird die Kuh über GPS geortet. Wenn sie dem Zaunbereich zu nahe kommt erfolgt erst eine akustische Warnung und dann ein elektrischer Impuls. Die Weidesicherheit des Systems liegt bei 99 %. Bei den Kühen tritt ein Lerneffekt ein und sie meiden den Randbereich deutlich. Dies führt zu einer ungleichmäßigen Beweidung und einer Reduktion des Wohlbefindens der Kühe. [39]

Zur kontinuierlichen Verfütterung von Grüngut bei Stallhaltung hat Lely das System Exos entwickelt. Hiermit ist eine vollständige autonome Ernte und Fütterung von frischem Gras möglich. Das System fährt autonom und elektrisch auf die Futterfläche, mäht und lädt dort das Grüngut, fährt in den Stall zurück und legt es den Tieren selbstständig vor. Durch das geringe Maschinengewicht und ein bodenschonendes Fahrwerk ist ein Einsatz von Frühjahr bis Herbst möglich. Damit kann der höhere Nährwert von 10 % bis 20 % von frischem Gras gegenüber Silier-

gut genutzt werden. Der Exos kann in Kombination mit bestehenden automatischen Fütterungssystemen eingesetzt werden, sodass Frischgut und andere Futterkomponenten wechselseitig den Kühen vorgelegt werden können. [40; 41]



Bild 1: Lely Exos - Eingraser Roboter [40]

Figure 1: Lely Exos - grazing robot [40]

Sonstige Stalltechnik

Emissionsreduktion

Der Minderung von Emissionen aus der Tierhaltung kommt auf Grund der gesellschaftlichen Diskussion eine wachsende Bedeutung zu. Bisher war hier der Ansatz, bereits entstandene Emissionen aus der Abluft von Ställen wieder herauszufiltern. Da hier besonders bei der Luft-rate von Kuhställen technologische Grenzen gegeben sind versucht man nun z. B. Ammoniakemissionen in Milchviehställen bereits bei deren Entstehung technisch oder auf der Verfahrensebene möglichst präventiv zu reduzieren. Ein Hauptfaktor für Ammoniak sind hierbei die 15 bis 20 Liter Harn, die eine Kuh pro Tag abgibt.

Die Kuhtoilette (CowToilet) der Firma Hanskamp aus den Niederlanden setzt hier mit einem neuen Verfahrensansatz an. Das System besteht aus einer Futterstelle sowie einer Auffangeinrichtung für den Harn. Über einen externen Stimulus wird nach dem Ende der Futtergabe der Reflex zum Abharnen ausgelöst und dieser aufgefangen. Somit werden Harn und Kot getrennt und das Entstehen von Ammoniak auf den Laufflächen vermindert. [42; 43]

In die gleiche Richtung geht das von Lely vorgestellte System Sphere. Das System trennt Kot und Urin und wandelt Stickstoffemissionen in drei Düngertypen um. Die Trennung von Urin

und Kot erfolgt durch Separationsstreifen im Boden, die den Urin in die Grube abfließen lassen. Der Kot wird vom Stallreinigungsroboter Discovery Collector aufgesaugt und abtransportiert. Diese frühe Trennung reduziert das Ammoniak im Stall. Der Lely Sphere N-Capture erzeugt Unterdruck in der Grube und entzieht Gase wie z. B. Ammoniak, die unter und direkt über dem Stallboden entstehen. Der Filter im N-Capture erfasst das Ammoniak und bindet es mit Säure, um ihn als Dünger lagerfähig zu machen. Somit werden mineralischer Stickstoff im Abwasser des N-Capture, Phosphat und organischer Stickstoff im Festmistanteil und Kalium in der flüssigen Phase in der Güllegrube gespeichert. [44]



Bild 2: Kuhtoilette [43]

Figure 2: Cow Toilet [43]

Energiemanagement

Ein weiterer Aspekt der nachhaltigen Produktion von Milch ist auch das Energiemanagement in Milchviehbetrieben. Dabei ist der Milchviehbetrieb sowohl über Biogas, Photovoltaik, Wind, etc. Erzeuger von Energie als auch über die Stalltechnik Verbraucher. Der typische Milchviehbetrieb erzeugt dabei meist mehr Energie als er selbst verbraucht und ist damit ein interessanter Partner für regionale Energiekonzepte. Hierbei zeigt sich auch ein weiterer Vorteil der Automatisierung, da dadurch die Lastspitzen beim Melken nun über den ganzen Tag verteilt werden. [45 bis 49]

Stalleinrichtungen und Bauwesen

In der Stalleinrichtung zeigt sich, dass eine saubere Umgebung zu längeren Liegezeiten, weniger Lahmheiten und geringeren Zellzahlen führt. [50] Eine wichtige Voraussetzung ist hierfür eine angepasste Liegebox. Zu den Abmessungen der Liegeboxen zeigt sich, dass diese auf

die Größenentwicklung der Herde ausgelegt sein sollen. [51; 52] Hierauf ist züchterisch genauso zu achten wie auf die Eignung für das AMS. [53] Ebenfalls für das Wohlbefinden der Kühe entscheidend ist die Stallbeleuchtung. Hier gibt es über die LED-Technologie die Möglichkeit, sich an das Sehverhalten der Kühe anzupassen. [54; 55]

Im Stallbau gibt es erste Diskussionen über das life cycle assessment der eingesetzten Materialien. [56] Durch die aktuell starke Betriebsveränderung in Deutschland rückt auch das Thema Umnutzung von Stallgebäuden in den Fokus. [57]

Sensorik Milchvieh

Sensorik in der Milchviehhaltung ist aktuell eines der größten Forschungsgebiete in diesem Bereich.

In der Grundlagenforschung werden aktuell die verschiedensten Sensorsysteme auf ihre Nutzbarkeit untersucht. Im Bereich von Euter und Eutergesundheit sind dies Wärmebildkameras zur Erfassung der mechanischen Belastung beim Melken [58], Bewegungssensoren [59] oder Pansentemperatur-Sensoren [60] zur Mastitiserkennung oder Beinbewegungen als Faktor für das Melkvakuum [61]. Im Bereich der Erkennung von Lahmheit werden sehr häufig Bewegungssensoren und Bildanalysen eingesetzt. [62; 63] Auch Ultraschallsensoren, die das Klauenhorn erfassen, sind in Untersuchung. [64] Die Datenerfassung zum Geburtsvorgang erfolgt ebenfalls über Bewegungssensoren oder Temperaturmessung im Rückenbereich der Tiere [65]. Für die Klimasteuerung zur Vermeidung von Hitzestress werden Sensoren im Bereich Temperatur, Luftbewegung und räumliche Verteilung der Tiere genutzt. [66 bis 68]

Da sich häufig zeigt, dass die Ein-Sensor-Eine-Reaktion Genauigkeit nicht ausreichend ist, wird immer mehr versucht, mehrere Sensoren miteinander zu verknüpfen um das Ergebnis zu verbessern. So werden häufig Bewegung, Temperatur und Fresszeiten miteinander kombiniert, um Mastitis zu erfassen. [69]

Zur Auswertung der Daten wird vermehrt KI-Technologie eingesetzt. [70; 71] Dies ermöglicht es in vielen Bereichen, Datensätze, die vorher nicht analysiert werden konnten, für die Informationsgewinnung zu nutzen. Besonders die Querverknüpfung über verschiedene Datenbestände bietet hier neue Möglichkeiten. [72] Leider zeigt sich dabei, dass im Milchviehbereich viele Datensätze der automatisierten Systeme nicht miteinander verknüpft sind. [73] Viele Hersteller sind gerade erst dabei die Daten, die in ihrer Systemumgebung entstehen, miteinander zu verknüpfen. [74 bis 77] Die Verknüpfung über verschiedene Hersteller hinweg ist noch nicht ausreichend ausgeprägt, obwohl hier noch ein großes Potential für die Betriebe besteht. [78; 79]

In der Praxis ist ein sehr deutlicher Trend weltweit zur Einführung von Smart Dairy Farming zu erkennen. [80] Es zeigt sich dabei, dass meistens größere Betriebe mit besserer Herdenleistung die Technik nutzen. Dabei ist eine Zeit- und Arbeitersparnis und eine Unterstützung bei der Datenerfassung zu beobachten, eine Garantie für eine bessere Herdenleistung ist aber nicht gegeben. [81] Es ist aber ein Faktor für das Potential dazu. [30; 82; 83]

Wichtig für die Nutzung der Systeme ist eine kontinuierliche und einfache Verfügbarkeit der Daten. So muss auch unter rauen Stallbedingungen einfach auf die Daten zugegriffen werden

können. Die Möglichkeiten reichen dabei von der App auf dem Smartphone [84] bis zur VR-Brille mit Einspiegelung der Daten [85-88].



Bild 3: Calf Monitoring System von Futuro Farming GmbH [89]

Figure 3: Calf Monitoring System from Futuro Farming GmbH [89]

Ein größeres Potential für Smart Dairy Farming besteht auch in der Kälberaufzucht. Eine zunehmende Kälberzahl bei steigender Betriebsgröße kann zu einem höheren Infektionsdruck führen und dieser zu höheren Anforderungen an Hygiene und Krankheitsvorbeuge. Besonders wenn die Tierkontrolle von wechselndem Personal durchgeführt wird ist es schwierig, die Krankheitsentwicklungen frühzeitig zu erkennen.

Das Calf Monitoring System ist ein energiesparendes, non-invasives Sensorsystem zur Früherkennung von Krankheiten bei Kälbern. Über einen passiven Infrarotsensor wird das Verhaltensmuster des Kalbes erkannt und zeitaktuell über eine KI ausgewertet. Die Information wird dem Landwirt direkt über eine App und Online-Plattform bereitgestellt und ermöglicht so ein kontinuierliches Gesundheitsmonitoring des Kalbes. Dabei wird die tägliche Kontrolle durch den Landwirt nicht ersetzt, sondern dieser erhält durch die kontinuierliche Überwachung und kurzfristige Rückmeldung eine wertvolle Unterstützung.

Diese Verbesserung in der Bestandsüberwachung führt dazu, dass aufkommende Erkrankungen früher erkannt und behandelt werden können. Die Krankheitsverläufe sind dadurch milder und die Kälbersterblichkeit sinkt, während Tierwohl und Tiergesundheit insgesamt gesteigert werden. [42]

Zusammenfassung

Die Umsetzung von Smart Dairy Farming ist in allen Bereichen der Milchviehhaltung zu sehen. Teilweise wird die Entwicklung durch die aktuelle ökonomische und gesellschaftliche Entwicklung abgebremst. Zur Automatisierung von Melken, Füttern und Reinigen sind Angebote für verschiedenste Betriebstypen vorhanden. Mit dem Exon von Lely ist auch das automatisierte Eingrasen für die Betriebe möglich.

Mit der Cow Toilet wurde ein neuer Denkansatz im Emissionsmanagement im Kuhstall vorgestellt. Einen ähnlichen gesamtheitlichen Ansatz verfolgt auch Lely mit Sphere.

Das sensorgestützte Gesundheitsmanagement vom Kalb bis zur Milchkuh wird immer umfangreicher. Durch die Vernetzung der einzelnen Sensoren und die Datenauswertung über KI werden den Betrieben umfangreiche Ergebnisse zur Verfügung gestellt. Durch die Anwendung von Smartphone-Applikationen und Augmented Reality werden die Daten komprimiert und effektiv dem Landwirt im Tierbereich zur Verfügung gestellt.

Literatur

- [1] ZMB Zentrale Milchmarkt Berichterstattung GmbH: Milchmarkt 2020: Nachfrage während Corona-Pandemie robust. URL – <http://www.milk.de/>, Zugriff am 15.02.2021.
- [2] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Bericht zur Markt- und Versorgungslage mit Milch und Milcherzeugnissen. URL – <https://www.ble.de>, Zugriff am 20.12.2020.
- [3] Yaffe-Bellany, B. und Corkery, M.: Dumped Milk, Smashed Eggs, Plowed Vegetables: Food Waste of the Pandemic, New York Times, 11.04.2020.
- [4] NMPF National Milk Producers Federation: Milk pricing & economics. URL – <https://www.nmpf.org/>, Zugriff am 15.02.2021.
- [5] USDA Economic Research Service: Market Outlook Dairy. URL – <https://www.ers.usda.gov/topics/animal-products/dairy>, Zugriff am 15.02.2021.
- [6] Börgermann, B.: Milchmarkt 2020 – Auswirkungen von Corona-Pandemie und Brexit. Pressemeldung 19. Januar 2021 Milchindustrieverband. URL – <https://milchindustrie.de/pressemeldungen/milchmarkt-2020-auswirkungen-corona-brexite/>, Zugriff am 19.01.2021.
- [7] Bioland: Informationen zum Bio-Milchpreis. URL – <http://www.biomilchpreise.de/>, Zugriff am 15.02.2021.
- [8] Hermannsen, H.: Genossen befürchten Strukturbruch. Hrsg. Agrarzeitung, 09. Oktober 2020, URL – <https://www.agrarzeitung.de/nachrichten/wirtschaft/anbindehaltung-genossen-befuerchten-strukturbruch-92775>, Zugriff am 15.02.2021.
- [9] Biefang, H.: Drückt der Handel den Anbindehaltern die Luft ab? Hrsg.: top-agrar, 16. Dezember 2020. URL – <https://www.topagrar.com/suedplus/news/drueckt-der-handel-den-anbindehaltern-die-luft-ab-12432886>, Zugriff am 15.02.2021.

- [10] Dorsch, K.: Preisabzüge für ganzjährige Anbindehalter auch bei anderen Molkereien. Hrsg.: top-agrar, 18. Januar 2021. URL – <https://www.topagrar.com/rind/news/preisabzuege-fuer-ganzjaehrige-anbindehalter-auch-bei-anderen-molkereien-12454827>, Zugriff am 15.02.2021.
- [11] Koch, J.: Anbindehaltung: Süddeutsche Molkereien wollen bis 2030 den Umstieg. Hrsg.: Agrarheute. 18. Dezember 2020. URL – <https://www.agrarheute.com/markt/milch/anbindehaltung-sueddeutsche-molkereien-wollen-2030-umstieg-550418>, Zugriff am 15.02.2021.
- [12] N.N.: Siebte Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 5, Bonn, 8. Februar 2021. S. 142-145.
- [13] N.N.: Verordnung zur Änderung der Düngeverordnung und anderer Vorschriften, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2020 Teil I Nr. 20, Bonn, 30. April 2020. S. 846-861.
- [14] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: Schulze: Insekten schützt jetzt ein Gesetz, Pressemitteilung 10. Februar 2021, URL – <https://www.bmu.de/pressemitteilung/schulze-insekten-schuetzt-jetzt-ein-gesetz/>, Zugriff am 15.02.2021.
- [15] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: Kabinettsbeschluss zur Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz - Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft, URL – <https://www.bmu.de/gesetz/kabinettsbeschluss-zur-neufassung-der-ersten-allgemeinen-verwaltungsvorschrift-zum-bundes-immissions/>, Zugriff am 15.02.2021.
- [16] Lehmann, N.: Neue TA Luft: Die Kahlschlag-Novelle für Tierhalter kommt. Hrsg.: agrarheute, 16. Dezember 2020, URL – <https://www.agrarheute.com/politik/neue-ta-luft-kahlschlag-novelle-fuer-tierhalter-kommt-575558>, Zugriff am 15.02.2021.
- [17] Tergast, H. et.al.: Steckbriefe zur Tierhaltung in Deutschland: Milchkühe, Hrsg. Thünen Institut, Braunschweig, 2019.
- [18] Franco D. und Nagrale B. G.: Dairy Industry: Hurdles Ahead in an Economic Perspective. In: Minj J., Sudhakaran V A., Kumari A. (eds) Dairy Processing: Advanced Research to Applications. Springer, Singapore, 2020. Doi: 10.1007/978-981-15-2608-4_13.
- [19] N.N.: Agricultural Milking Robots: Market Shares, Strategies, and Forecasts, Worldwide, 2019 to 2025. Hrsg.: Wintergreen Research, Inc, Lexington, Massachusetts, 2019.
- [20] N.N.: GEA installiert größtes Melkkarussell in China für 10.000 Kühe, GEA Pressemitteilung, 13. November 2020. URL – <https://www.gea.com/de/news/trade-press/2020/t8900-gea-milking-rotary-parlor-in-china>, Zugriff am 15.02.2021.
- [21] Petrick, M. und Linde, G.: Herd growth, farm organisation and subsidies in the dairy sector of Russia and Kazakhstan, Journal of Agricultural Economics, V. 70/3, 2019, S. 789-811, Doi: 10.1111/1477-9552.12318.
- [22] Kiselev, L. et al.: Modern Technologies for Robotic Cow Milking. In: Russ. Agricult. Sci. 45, S. 382–385, 2019, Doi: 10.3103/S1068367419040062.

- [23] N.N.: GEA nimmt seine größte automatische Melkanlage Europas in Betrieb, GEA Pressemeldung, 11. August 2020. URL – <https://www.gea.com/de/news/trade-press/2020/geas-largest-automated-milking-system-r9500-in-europe>, Zugriff am 15.02.2021.
- [24] Egger-Danner, C. et al.: Use of benchmarking to monitor and analyze effects of herd size and herd milk yield on cattle health and welfare in Austrian dairy farms. In: *Journal of Dairy Science* 103, (8), 2020, p. 7598 - 7610. DOI: 10.3168/jds.2019-16745.
- [25] Evanowski, R.; Kent, D.; Wiedmann, M. und Martin, N.: Milking time hygiene interventions on dairy farms reduce spore counts in raw milk. In: *Journal of Dairy Science* 103(11), 2020, Doi: 10.3168/jds.2019-17499.
- [26] Weber, M.; Liedtke, J.; Plattes, S. und Lipski, A.: Bacterial community composition of biofilms in milking machines of two dairy farms assessed by a combination of culture-dependent and –independent methods. In: *PLOS ONE* 14(9), 2019. Doi: 10.1371/journal.pone.0222238.
- [27] Pacha, P. et.al.: Molecular diversity of *Staphylococcus aureus* and the role of milking equipment adherences or biofilm as a source for bulk tank milk contamination. In: *Journal of Dairy Science* 103(12), 2020, Doi: 10.3168/jds.2020-19121.
- [28] Paliy, A. et.al.: Establishing Changes in the Technical Parameters of Nipple Rubber for Milking Machines and Their Impact on Operational Characteristics. In: *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(1 (104)), 2020, S. 78-87. Doi: 10.15587/1729-4061.2020.200635.
- [29] Wieland, M. et.al.: Blood perfusion of teat tissue in dairy cows: Changes associated with pre-milking stimulation and machine milking. In: *Journal of Dairy Science* 103 (7), S. 6588-6599, 2020, Doi: 10.3168/jds.2020-18219.
- [30] Ritter, C.; Mills, K.; Weary, D. und von Keyserlingk, M.: Perspectives of western Canadian dairy farmers on the future of farming. In: *Journal of Dairy Science* 103 (11), S. 10273-10282, 2020, Doi: 10.3168/jds.2020-18430.
- [31] Edwards, J. und Kuhn-Sherlock, B.: Opportunities for improving the safety of dairy parlor workers. In: *Journal of Dairy Science* 104 (1), S. 419-430, 2021, Doi: 10.3168/jds.2020-18954.
- [32] Jakob, M.: Evaluation of a Physical Ergonomic Intervention for Milking Parlor Operatives – A Case Study. In: *Journal of Agromedicine* 24 (3), 2019. S. 215-223, Doi: 10.1080/1059924X.2019.1590270.
- [33] Odorčić, M.; Rasmussen, M.; Paulrud, C. und Bruckmaier, R.: Review: Milking machine settings, teat condition and milking efficiency in dairy cows. In: *Animal*, 13(1), S. 94-S99. 2019, Doi: 10.1017/S1751731119000417.
- [34] Wildridge, A. et. al.: Transitioning from conventional to automatic milking: Effects on the human-animal relationship. In: *Journal of Dairy Science* 103 (2), S. 1608-1619, 2020, Doi: 10.3168/jds.2019-16658.

- [35] van den Pol-van Dasselaar, A.; Hennessy, D. und Isselstein, J.: Grazing of Dairy Cows in Europe—An In-Depth Analysis Based on the Perception of Grassland Experts. In: Sustainability. 12(3), 2020, 1098. Doi: 10.3390/su12031098.
- [36] Smid, A.; Weary, D. und von Keyserlingk, M.: Effect of outdoor open pack space allowance on the behavior of freestall-housed dairy cows. In: Journal of Dairy Science 103 (4), S. 3422-3430, 2020, Doi: 10.3168/jds.2019-17066.
- [37] Kismul, H.; Spörndly, E.; Höglind, M. und Eriksson, T.: Nighttime pasture access: Comparing the effect of production pasture and exercise paddock on milk production and cow behavior in an automatic milking system. In: Journal of Dairy Science 102 (11), S. 10423-10438, 2019, Doi: 10.3168/jds.2019-16416.
- [38] Wilkinson, M.; Lee, M.; Rivero, J. und Chamberlain, T.: Some challenges and opportunities for grazing dairy cows on temperate pastures. In: Grass and Forage Science 75 (1), S. 1-17, 2019. Doi: 10.1111/gfs.12458.
- [39] Lomax, S.; Colusso, P. und Clark, C. E. F.: Does Virtual Fencing Work for Grazing Dairy Cattle? In: Animals. 9(7), 2019, 429. Doi: 10.3390/ani9070429.
- [40] N.N.: Lely Exos, URL – <https://www.lely.com/de/exos/>, Zugriff am 15.02.2021.
- [41] Irwin, R.: Lely introduces a unique concept for autonomous feeding with fresh grass, Hrsg.: FarmesWeekly, 16.12.2020. URL – <https://farmweek.com/lely-introduces-a-unique-concept-for-autonomous-feeding-with-fresh-grass/>, Zugriff am 15.02.2021.
- [42] N.N.: Innovation Award EuroTier 2021 - Neuheiten Magazin EuroTier 2021. Hrsg.: Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft, Frankfurt, 2021.
- [43] N.N.: CowToilet - Hanskamp AgroTech BV, URL – <https://hanskamp.nl/de/cowtoilet>, Zugriff am 15.02.2021.
- [44] N.N.: Lely lanciert Stallsystem für die zirkuläre Wertschöpfung mit Dünger, Lely Pressemitteilung, 6. Oktober 2020. URL – <https://www.lely.com/de/pressemitteilungen/2020/10/06/lely-lanciert-stallsystem-fur-die-zirkulare-wertsc/>, Zugriff am 15.02.2021.
- [45] Hijazi, O.; Höhendinger, M.; Stumpfenhausen, J. und Bernhardt, H.: Greenhouse gas emissions and energy balance in energy self-sufficient dairy cowsheds- CowEnergy. In: 2020 ASABE Annual International Virtual Meeting, Paper number 2000525, 2020, Doi: 10.13031/aim.202000525.
- [46] Höhendinger, M. et.al.: Potential of cyber-physical systems in German dairy farming. In: 2019 ASABE Annual International Meeting. Paper number 1900221, 2019, Doi: 10.13031/aim.201900221.
- [47] Shine, P. et.al.: A decision support and optimization platform for energy technology investments on dairy farms. In: 2019 ASABE Annual International Meeting. Paper number 1901055, 2019, Doi: 10.13031/aim.201901055.
- [48] Shine, P.; Scully, T.; Upton, J. und Murphy, M.: Annual electricity consumption prediction and future expansion analysis on dairy farms using a support vector machine. In: Applied Energy 250, 2019, S. 1110-1119, Doi: 10.1016/j.apenergy.2019.05.103.

- [49] Jefferson, D. et.al.: Reducing electricity demand peaks on large-scale dairy farms. In: Sustainable Production and Consumption 25, 2021, S. 248-258, Doi: 10.1016/j.spc.2020.08.014.
- [50] Robles, I. et.al: Associations of freestall design and cleanliness with cow lying behavior, hygiene, lameness, and risk of high somatic cell count. In: Journal of Dairy Science 104 (2), S. 2231-2242, 2020, Doi: 10.3168/jds.2020-18916.
- [51] Lardy, R. et.al.: Refinement of international recommendations for cubicles, based on the identification of associations between cubicle characteristics and dairy cow welfare measures. In: Journal of Dairy Science 104 (2), S. 2164–2184, 2021, Doi: 10.3168/jds.2019-17972.
- [52] Dirksen, N. et.al.: Body size in relation to cubicle dimensions affects lying behavior and joint lesions in dairy cows. In: Journal of Dairy Science 103 (10), S. 9407-9417, 2020, Doi: 10.3168/jds.2019-16464.
- [53] Dechow, C.; Sondericker, K.; Enab, A. und Hardie, L.: Genetic, farm, and lactation effects on behavior and performance of US Holsteins in automated milking systems. In: Journal of Dairy Science 103 (12), S. 11503-11514, 2020, Doi: 10.3168/jds.2018-15175.
- [54] VanZweden, B.; Thomas, A.; Go, A. und Surbrook, T.: Expanded LED benefits through an automated long day lighting system at a 3x milking dairy farm. In: 2019 ASABE Annual International Meeting, Paper number 1900042, 2019 Doi: 10.13031/aim.201900042.
- [55] Loshkarev, I.; Shirobokova, T. und Shuvalova, L.: Automation of artificial lighting design for dairy herd cows. In: Journal of Physics: Conference Series, 1333 (4), Doi: 10.1088/1742-6596/1333/4/042018.
- [56] Hijazi, O. et.al.: Life cycle assessment of different dairy farms considering building materials for barns, milking parlors and milking tanks. In: 2020 ASABE Annual International Virtual Meeting, Paper number 2000516, 2020, Doi: 10.13031/aim.202000516.
- [57] Kreitenweis-Eisgruber, C. und Bernhardt, H.: Development of sustainable solutions for the construction of cowsheds in Bavaria. In: 48th Symposium "Actual Tasks on Agricultural Engineering", S. 265-269, Zagreb, Croatia, 2021.
- [58] Tangorra, F.M.; Redaelli, V.; Luzi, F. und Zaninelli, M.: The Use of Infrared Thermography for the Monitoring of Udder Teat Stress Caused by Milking Machines. In: Animals 9(6), S. 384, 2019, Doi: 10.3390/ani9060384.
- [59] Tamura, T.; Chida, Y. und Okada, K.: Short communication: Detection of mastication speed during rumination in cattle using 3-axis, neck-mounted accelerometers and fast Fourier transfer algorithm. In: Journal of Dairy Science 103 (8), S. 7180-7187, 2020, Doi: 10.3168/jds.2019-16464.
- [60] Kima, H.; Minb, Y. und Choib, B.: Real-time temperature monitoring for the early detection of mastitis in dairy cattle: Methods and case researches. In: Computers and Electronics in Agriculture 162, 2019, S. 119-125. Doi: 10.1016/j.compag.2019.04.004.

- [61] Meyer, D.; Haeussermann, A. und Hartung, E.: Relationship between dairy cows' hind leg activity and vacuum records during milking. In: Anima, 2021, 100186, Doi: 10.1016/j.animal.2021.100186.
- [62] Ziegler, K.; Wiecha, J. und Bernhardt, H.: Automatisierte Lahmheitserkennung in der Milchviehproduktion. In: Referate der 40. GIL-Jahrestagung - Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft Fokus: Digitalisierung für Mensch, Umwelt und Tier. Hrsg.: M. Gandorfer, et.al., Lecture Notes in Informatics (GI Lecture Notes) Volume P-299, S. 355-340, Freising, 2020.
- [63] Cernek, P.; Bollig, N.; Anklam, K. und Döpfer, D.: Hot topic: Detecting digital dermatitis with computer vision. In: Journal of Dairy Science 103 (10), S. 91109115, 2020, Doi: 10.3168/jds.2019-17478.
- [64] Tsuka, T. et.al: Reliability of ultrasonographic measurements of bovine sole structures in relation to sole horn thickness, measured by computed tomography, and sole horn hardness. In: Journal of Dairy Science 102 (11), S. 10105-10118, 2019, Doi: 10.3168/jds.2018-15175.
- [65] Higaki, S. et.al.: Technical note: Calving prediction in dairy cattle based on continuous measurements of ventral tail base skin temperature using supervised machine learning. In: Journal of Dairy Science 103 (9), S. 8535-8540, 2020, Doi: 10.3168/jds.2019-17689.
- [66] Mazon, G. et.al.: Development and validation of an autonomous radio-frequency identification controlled soaking system for dairy cattle. In: 2020 ASABE Annual International Virtual Meeting. Paper number 2000736, 2020 Doi: 10.13031/aim.202000736.
- [67] Rice, E. et.al.: Real-time localization system for livestock dairy cattle: Validation of static positioning in a commercial facility. In: 2020 ASABE Annual International Virtual Meeting, Paper number 2000797, 2020 Doi: 10.13031/aim.202000797.
- [68] Bucklin, R. et.al.: Sensor-Based Automatic Retractable Cattle Shades. In: 2019 ASABE Annual International Meeting. Paper number 1900228, 2019, Doi: 10.13031/aim.201900228.
- [69] Momena, K. et.al.: Prediction of quarter level subclinical mastitis by combining in-line and on-animal sensor data. In: Animal Production Science 60(1) S. 180-186, Doi: 10.1071/AN18578.
- [70] Yukun, S. et.al.: Automatic monitoring system for individual dairy cows based on a deep learning framework that provides identification via body parts and estimation of body condition score. In: Journal of Dairy Science 102 (11), S. 10140-10151, 2019, Doi: 10.3168/jds.2018-16164.
- [71] Foldager, L.; Trénel, P.; Munksgaard, L. und Thomsen, P.: Technical note: Random forests prediction of daily eating time of dairy cows from 3-dimensional accelerometer and radiofrequency identification. In: Journal of Dairy Science 103 (7), S. 6271-6275, 2020, Doi: 10.3168/jds.2019-17613.

- [72] Eckelkamp, E. und Bewley, J.: On-farm use of disease alerts generated by precision dairy technology. In: Journal of Dairy Science 103 (2), S. 1566-1582, 2020, Doi: 10.3168/jds.2019-16888.
- [73] Bernhardt, H. et.al.: Industry 4.0 an Agriculture 4.0 - The same or different? In: VDI 78. Konferenz Landtechnik, VDI-Bericht 2374, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2020.
- [74] N.N.: GEA treibt die Automatisierung und digitale Transformation im Milchviehbetrieb voran, GEA Pressemeldung, 7. Dezember 2020. URL – <https://www.gea.com/de/news/trade-press/2020/gea-automation-on-dairy-farms>, Zugriff am 15.02.2021.
- [75] N.N.: Neuer Standard im Betriebsmanagement: Lely stellt Horizon vor, Lely Pressemeldung, 6. Oktober 2020. URL – <https://www.ley.com/de/pressemitteilungen/2020/10/06/neuer-standard-im-betriebsmanagement-ley-stellt-h>, Zugriff am 15.02.2021.
- [76] N.N.: DeLaval beteiligt sich an Daten-Vernetzung der Zukunft, DeLaval Pressemeldung, 2. Juli 2019. URL – <https://www.delaval.com/de/uber-delaval/de/pressemitteilungen/delaval-beteiligt-sich-an-daten-vernetzung-der-zukunft>, Zugriff am 15.02.2021.
- [77] N.N.: Herdenmanagement / M2erlin jetzt noch smarter, Lemmer Fullwood Pressemeldung, 22. März 2019. URL – <https://www.lemmer-fullwood.info/presse/einzelansicht/artikel/herdenmanagement-m2erlin-jetzt-noch-smarter>, Zugriff am 15.02.2021.
- [78] Skevas, T. und Cabrera, V.: Measuring farmers' dynamic technical and udder health management inefficiencies: The case of Wisconsin dairy farms. In: Journal of Dairy Science 103 (12), S. 10105-10118, 2020, Doi: 10.3168/jds.2020-18656.
- [79] Groher, T.; Heitkämper, K.; Stark, R. und Umstätter, C.: Stand der Digitalisierung in der Schweizer Wiederkäuerhaltung. In: Referate der 40. GIL-Jahrestagung - Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft Fokus: Digitalisierung für Mensch, Umwelt und Tier. Hrsg.: M. Gandorfer, et.al., Lecture Notes in Informatics (GI Lecture Notes) Volume P-299, S. 91-96, Freising, 2020.
- [80] Yang, W. et.al.: Analysis of adoption trends of in-parlor technologies over a 10-year period for labor saving and data capture on pasture-based dairy farms. In: Journal of Dairy Science 104 (1), S. 431-442, 2021, Doi: 10.3168/jds.2020-18726.
- [81] Lora, I. et.al.: A survey on sensor systems used in Italian dairy farms and comparison between performances of similar herds equipped or not equipped with sensors. In: Journal of Dairy Science 103 (11), S. 10264-10272, 2020, Doi: 10.3168/jds.2019-17973.
- [82] Treiber, M. et.al.: Connectivity for IoT Solutions in Integrated Dairy Farming in Germany. In: 2019 ASABE Annual International Meeting. Paper number 1900561, 2019, Doi: 10.13031/aim.201900561.
- [83] Bauerdick, J. et.al.: Sensorsystems in German dairy Farming – Aspects of hardware design and sustainability. In: 2019 ASABE Annual International Meeting. Paper number 1900739, 2019, Doi: 10.13031/aim.201900739.

- [84] Kramer, M. et.al.: Akzeptanz von integrierten Herdenmanagementprogrammen zum Gesundheitsmonitoring auf rinderhaltenden Betrieben am Beispiel einer Smartphone-Applikation. In: Referate der 40. GIL-Jahrestagung - Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft Fokus: Digitalisierung für Mensch, Umwelt und Tier. Hrsg.: M. Gandorfer, et.al., Lecture Notes in Informatics (GI Lecture Notes) Volume P-299, S. 145-150, Freising, 2020.
- [85] N.N.: It's not science fiction: Nedap Augmented Reality brings data to life, Nedap Pressemitteilung, 23. September 2019. URL – <https://www.nedap-livestockmanagement.com/not-science-fiction-nedap-augmented-reality-brings-data-life/>, Zugriff am 15.02.2021.
- [86] Caria, M.; Sara, G.; Todde, G.; Polese, M. und Pazzona, A.: Exploring Smart Glasses for Augmented Reality: A Valuable and Integrative Tool in Precision Livestock Farming. In: Animals. 2019; 9(11):903. Doi: 10.3390/ani9110903.
- [87] Alonso, R. et.al.: An intelligent Edge-IoT platform for monitoring livestock and crops in a dairy farming scenario. In: Ad Hoc Networks, 98, 2020, Doi: 10.1016/j.adhoc.2019.102047.
- [88] Caria, M.; Todde, G.; Sara, G.; Piras, M. und Pazzona, A.: Performance and Usability of Smartglasses for Augmented Reality in Precision Livestock Farming Operations. In: Applied Sciences. 2020; 10(7):2318. Doi: 10.3390/app10072318.
- [89] N.N.: Futuro Farming GmbH Calf Monitoring System, URL – <https://futurofarming.com>, Zugriff am 15.02.2021.

Autorendaten

Prof. Dr. agr. Heinz Bernhardt ist Leiter des Lehrstuhls für Agrarsystemtechnik an der Technischen Universität München.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Bernhardt, Heinz: Technik in der Rinderhaltung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2020. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2021. S. 1-15

Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202012111307-0>

Link zum Beitrag / Link to Article

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2020/chapter/rinderhaltung.html>

Dieser Beitrag wird unter einer CC-BY-NC-ND 4.0 Lizenz veröffentlicht.